



Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Jasminka Brozović

# ŠUM U UHU U STOMATOLOŠKOJ PRAKSI

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Rad je ostvaren u: Katedri za otorinolaringologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor rada: doc. dr. sc. Goran Geber, Katedra za otorinolaringologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Barbara Kružić, mag. educ. philo. angl. et mag. educ. philol croat.

Lektor engleskog jezika: Barbara Kružić, mag. educ. philo. angl. et mag. educ. philol croat.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Datum obrane rada: \_\_\_\_\_

Rad sadrži: 35 stranica

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora poslijediplomskog specijalističkog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

## **Zahvala**

Zahvaljujem roditeljima i bratu na pruženoj podršci, razumijevanju i strpljenju tijekom mog školovanja.

Zahvaljujem mentoru, doc. dr. sc. Goranu Geberu na savjetima i pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.

## ŠUM U UHU U STOMATOLOŠKOJ PRAKSI

### Sažetak

Šum u uhu ili tinitus predstavlja percepciju zvuka koji osoba može osjećati unutar glave ili uha, a nastaje iako ne postoji očiti vanjski podražaj. Šum u uhu ne predstavlja bolest, već je simptom u čijoj se pozadini mogu nalaziti brojne bolesti i stanja, stoga zahtjeva pravovremeno prepoznavanje te detaljnu dijagnostičku obradu koja najčešće uključuje više specijalista različitih grana medicine. Terapija šuma u uhu uvelike ovisi o njegovoj etiologiji te je sukladno s time manje ili više učinkovita. Tinitus je najčešće posljedica oštećenja ili gubitka sluha, drugi najčešći uzrok nastanka šuma u uhu je prekomjerno izlaganje buci visokog intenziteta. Šum u uhu u stomatološkoj praksi najčešće se javlja kao posljedica dugotrajne izloženosti buci na radnom mjestu, može se također javiti kao posljedica akutne akustične traume. U stomatološkoj praksi koja uključuje rad u ordinacijama dentalne medicine kao i rad u dentalnim laboratorijima razina intenziteta buke vrlo često prelazi granicu od 85 dB koja predstavlja najvišu dopuštenu izloženost buci tijekom radnog dana ili tjedna na radnim mjestima na kojima je prisutna buka promjenjivog intenziteta. Iako postoji više različitih pristupa u terapiji tinitusa, potpuni nestanak simptoma često nije moguć. Prevencija nastanka oštećenja sluha i pojave šuma u uhu temelji se na primjeni osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu sluha.

**Ključne riječi:** šum u uhu; oštećenje sluha; buka; stomatološka praksa

## **TINNITUS IN DENTAL PRACTICE**

### **Summary**

Ringling in ears or tinnitus represents the perception of sound that a person can feel inside the head or ears, and it is a sensation even though there are no obvious external stimuli. Tinnitus is not a disease, but a symptom in the background of which there could be numerous diseases and conditions, so it requires timely recognition and detailed diagnostic processing, which usually involves multiple specialists from different branches of medicine. The therapy of tinnitus depends largely on its etiology and is accordingly more or less effective. Tinnitus is most often the result of damaged hearing or hearing loss, the second most common cause of tinnitus is high intensity noise. Ringling in ears in dental practice most commonly occurs as a result of prolonged exposure to workplace noise, and may also occur as a result of acute acoustic trauma. In dental practice, which often involves working in dental practice as well as in dental laboratories, the noise intensity level very often exceeds the 85 dB limit, which is the maximum permissible noise exposure during a work day or week in workplaces with variable intensity noise. Although there are several different approaches to tinnitus therapy, complete disappearance of symptoms is often not possible. The prevention of hearing damage and ringling in ears is based on the use of personal hearing protection aids.

**Keywords:** ear noise; hearing damage; noise; dental practice

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA SLUŠNOG SUSTAVA.....	3
2.1. Vanjsko uho .....	4
2.2. Srednje uho .....	5
2.3. Unutarnje uho .....	6
2.4. Fiziologija slušnog sustava .....	8
3. ZVUK I BUKA .....	10
3.1. Zvuk .....	11
3.2. Buka na radnom mjestu .....	12
3.2. Izvori buke u stomatološkoj praksi .....	12
4. UTJECAJ BUKE NA LJUDSKO ZDRAVLJE.....	14
4.1. Ne-auditivni učinci buke .....	15
4.2. Auditivni učinci buke .....	15
5. ŠUM U UHU – TINITUS.....	17
5.1. Etiologija i klasifikacija tinitusa .....	18
5.2. Dijagnostika tinitusa.....	20
5.3. Terapija tinitusa .....	22
6. RASPRAVA .....	24
7. ZAKLJUČAK .....	27
8. LITERATURA.....	29
10. ŽIVOTOPIS .....	34

**Popis skraćenica:**

CBT – kognitivno bihevioralna terapija, engl. *cognitive behavioral therapy*

cm – centimetar

CT – računalna tomografija, engl. *computed tomography*

B – Bel

BERA – evocirani slušni potencijali, engl. *brainstem-evoked response audiometry*

dB – decibel

Hz – herc

kPa – kilopaskal

KKS – kompletna krvna slika

LLLT – terapija laserom niskog intenziteta, engl. *low-level laser therapy*

K<sup>+</sup> – kalijev ion

mm – milimetar

MRI – magnetna rezonanca, engl. *magnetic resonance*

OAE – otoakustička emisija

rTMS – transkranijalna magnetna stimulacija, engl. *repetitive transcranial magnetic stimulation*

TRT – terapija metodom privikavanja, engl. *tinnitus retraining therapy*

W/m<sup>2</sup> – vat po metru kvadratnom





Uho (*organum vestibulocohleare*) predstavlja organ sluha i ravnoteže. Zbog njegove složene funkcije i anatomske građe, patološke promjene različite etiologije koje mogu nastati u tom organu dovode do niza simptoma među kojima je i šum u uhu odnosno tinitus (1). Anatomske razlikujemo vanjsko uho (*auris externa*), srednje uho (*auris media*) te unutarnje uho (*auris interna*). Funkcija organa sluha pretvorba je zvučnih valova u živčane impulse i stvaranje osjeta sluha, živčani se impulsi šire do mozga, gdje se odvija njihova analiza i obrada te tako omogućava tumačenje značenja određenog zvuka (2, 3). Buka je zvuk koji kod slušatelja izaziva neugodu. Razlika između zvuka i buke subjektivna je i temelji se na percepciji slušatelja. Izloženost buci kako okolišnoj tako i onoj na radnom mjestu ima negativan utjecaj na zdravlje. S obzirom na ozbiljnost posljedica na ljudsko zdravlje, zakonom je regulirana dopuštena razina buke na radnim mjestima i u okolišu te je propisano korištenje odgovarajućih mjera zaštite radnika kao prevencija oštećenja sluha (4). Buka ima auditivne i neauditivne učinke na ljudski organizam. Neauditivni učinci su hormonalne promjene, hipertenzija, smanjena funkcija imunološkog sustava, promjene frekvencije srca, poremećaji koncentracije i spavanja te mnogi drugi. Auditivni učinci, odnosno učinci buke na sluh, uključuju oštećenje sluha i pojavu šuma u uhu – tinitusa (5). U stomatološkoj praksi buka je svakodnevna pojava, stomatološke ordinacije i dentalni laboratoriji prostori su gdje dolazi do neizbježnog stvaranja buke zbog korištenja različitih uređaja i nužnosti komunikacije kako između pacijenata i liječnika tako i između osoblja (6, 7). Buka može dovesti do privremenog ili trajnog oštećenja sluha, ovisno o trajanju i intenzitetu zvuka. Izloženost buci intenziteta većeg od 80 dB tijekom osmosatnog radnog vremena može dovesti do trajnog oštećenja sluha. Akutno oštećenje nastaje nakon kratkog razdoblja izlaganja buci većoj od 85 dB (8). Šum u uhu predstavlja fantomsku percepciju zvuka, odnosno percepciju zvuka bez vanjskog podražaja. Etiološki može nastati kao posljedica različitih stanja i bolesti, a najčešće se javlja kao posljedica oštećenja sluha nastalog zbog izlaganja buci (9). Šum u uhu zahtjeva detaljnu anamnestičku i dijagnostičku obradu pacijenta od strane liječnika otorinolaringologa te po potrebi specijalista drugih grana medicine. Iznimno je važno pravovremeno prepoznavanje simptoma i konzultacija s liječnikom jer se šum u uhu javlja među prvim znakovima oštećenja sluha (10). Cilj je ovog diplomskog rada prikazati dosadašnje spoznaje o šumu u uhu te njegovoj povezanosti s profesionalnom izloženošću buci na radnom mjestu, odnosno u stomatološkoj praksi, a temelji se na pregledu podataka prikazanih u postojećoj literaturi.

## **2. ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA SLUŠNOG SUSTAVA**

Uho se sastoji od tri dijela, a to su – vanjsko, unutarnje i srednje uho te ima dvije funkcije: osjet ravnoteže i osjet sluha. Uloga vanjskog, *auris externa*, i srednjeg uha, *auris media*, prenošenje je zvuka prema unutarnjem uhu, *auris interna*, gdje je smješten vestibulokohlearni organ, *organum vestibulocochleare* (statoakustični organ). Prostor vanjskog i srednjeg uha odijeljen je bubnjićem, *membrana tympanica*, dok slušna cijev, *tuba auditiva*, povezuje unutarnje uho s nazofarinksom (11).

## 2.1. Vanjsko uho

Dijelove vanjskog uha čine: ovalna uška, *auricula*, koja ima funkciju skupljanja zvučnih valova i njihova usmjeravanja prema vanjskom zvukovodu, *meatus acusticus externus*, kroz koji se zvuk dalje širi do bubnjića, *membrana tympanica*. *Auricula* pripada vanjskom uhu, vidljiva je golim okom, preko kože, ligamenata, mišića i vanjskog slušnog hodnika povezana je s lubanjom. Naziv je dobila zbog svog ovalnog oblika koji podsjeća na školjku. Osnovu građe uške čini elastična hrskavica na kojoj se nalaze mišići, krvne žile i živci, prekrivena je tankom kožom s dlakama, žlijezdama znojnicama i lojnicama. Krvna opskrba uške dolazi od stražnje aurikularne arterije, *a. auricularis posterior* te površinske sljepoočne arterije, *a. temporalis superficialis*, dok inervaciju uške osiguravaju *n. auricularis magnus*, koji je ogranak cervikalnog spleta te *n. auriculotemporalis*, ogranak petog moždanog živca. *Meatus acusticus externus*, vanjski slušni hodnik ili zvukovod tvorba je cjevastog oblika koja se nadovezuje na ušnu školjku i medijalno se proteže do bubnjišta, *membrana tympani*, prosječno je duljine oko 2,5 cm i ima oblik slova S. U početnom dijelu, odnosno lateralnoj trećini, zvukovod je omeđen hrskavicom, *meatus acusticus externus cartilagineus*, dok medijalno druge dvije trećine omeđuje sljepoočna kost (11, 12). Koštani dio zvukovoda duži je od hrskavičnog i promjer mu se smanjuje na mjestu spajanja s hrskavičnim dijelom, a koštani ulaz naziva se *porus acusticu externus*. Zvukovod medijalno završava bubnjićem, *membrana tympanica*, koji je položen u kružni urez, *sulcus tympanicus*. U odnosu na uzdužnu os zvukovoda bubnjić je koso postavljen i ima inferomedijalno nagib od 45 stupnjeva, stoga je donja stijenka zvukovoda duža od gornje. Vanjski slušni hodnik obložen je tankom kožom koja čvrsto prijanja na perihondrij i periost, u lateralnom početnom dijelu zvukovoda prisutne su žlijezde znojnice i dlačice, *tragi*. Hrkavični i stražnji gornji dio koštanog hodnika sadrži i žlijezde koje luče cerumen, *glendule ceruminosae* (12). Krvnu opskrbu vanjskog slušnog hodnika kao i kod uške čini *a. auricularis posterior*, *a. auricularis profunda*, te *r. auriculares a. temporalis superficialis*, koje su ogranci vanjske karotidne arterije. Za inervaciju zvukovoda odgovorni su *r. auricularis n. auriculotemporalis*, *n. auricularis posterior* n.

*facialis*, *r. auricularis n. vagi*. *Membrana tympanica* ili bubnjić tanka je i poluprozirna opna, sedefastog i sjajnog izgleda koja je smještena u udubini, *sulcus tympanicus* na granici vanjskog i srednjeg uha. Bubnjić ima ljevkast oblik zbog veze s drškom čekića, slušnom košćicom koja ga usmjerava prema bubnjištu. Na bubnjiću možemo razlikovati udubljeni dio, *umbo membranae tympanicae*, *stria mallearis* koja odgovara dršku čekića, *prominentia mallearis*, te dio bubnjića koji prelazi preko timpaničnog ureza, *pars flaccida membranae tympanicae*, te stoga taj dio nije napet. Na granici *pars flaccida* i *pars tensa* koja se nalazi na stražnjoj strani prisutan je dvostruki nabor s kordom timpani i dijeli se na *plica mallearis anterior et posterior*. Bubnjić dobiva krvnu opskrbu iz triju krvnih žila: *a. auricularis profunda* koja je ogranak *a. maxillaris* za vanjsku stranu bubnjića, *r. stylomastoideus a. auricularis posterioris* te iz timpaničnih ogranaka *a. maxillaris*. Za inervaciju bubnjića odgovorni su *n. auriculotemporalis* koji inervira vanjsku stranu bubnjića, *r. auricularis n. vagi* u koji mogu biti uključene i niti *n. facijalisa* i *glossofaringeusa*, *plexus tympanicus* inervira sluznicu unutarnje strane bubnjića (1).

## 2.2. Srednje uho

*Auris media (cavitas tympani)*, srednje uho (bubnjište)

Srednje uho uzak je prostor ispunjen zrakom, u kojemu se nalaze slušne košćice, bubnjićem je odvojen od vanjskog slušnog hodnika, u stražnjem dijelu nalaze se pneumatski prostori (mastoidne zračne komore) srednjeg uha, preko Eustahijeve cijevi, *tuba auditiva*, povezano je s epifarinksom. Srednje uho može se podijeliti na tri dijela: *mesotympanum* – u razini s bubnjićem, *epitympanum* – iznad razine bubnjića, *hypotympanum* – ispod razine bubnjića. Prostor srednjeg uha omeđen je sa šest stijenki. Medijalna stijenka *paries membranaceus* usmjerena je prema unutarnjem uhu, najsloženije je građe. Medijalna stijenka sadrži *fenestra vestibuli* ili *fenestra ovalis* koji zatvara pločica stremena, ispod je promontorij, *promontorium*, izbočenje koje tvori bazalni zavoj kohleje. Ispod promontorija nalazi se *fenestra cochleae* ili *fenestra rotunda*. Iznad i iza ovalnog otvora prolazi *nervus facialis*, iznad kojeg je vidljivo izbočenje lateralnog polukružnog kanala. *Paries tegmentalis*, gornja stijenka bubnjišta tanka je koštana pločica koja odjeljuje srednje uho od dure na dnu srednje lubanjske jame. Donja stijenka bubnjišta, *paries jugularis* odvaja srednje uho od bulbusa *vene jugularis*, stiloidni nastavak sljepoočne kosti stvara izbočinu *prominentia styloidea*, kroz donju stijenku u srednje uho ulazi *n. tympanicus*. *Paries caroticus*, prednja stijenka preko Eustahijeve cijevi (*tube*

*auditive*) povezuje srednje uho i epifarinks. Iznad ušća Eustahijeve cijevi nalazi se otvor za kanal u kojem je hvatište mišića, *m. tensor tympani* (1).

*Ossicula auditus*, slušne košćice

Čekić, *malleus*, nakovanj, *incus* i stremen, *stapes* slušne su košćice smještene u srednjem uhu. Njihova je uloga prijenos vibracije bubnjića prema unutarnjem uhu do vestibularnog otvora. Čekić, *malleus* vezan je za membranu timpani preko drška čekića, *manubrium mellei*, dok je glava čekića, *caput mallei* u kontaktu s tijelom nakovnja. Drugi dio nakovnja vertikalno je postavljen te je pričvršćen na glavu stremena. Baza stremena zatvara ovalni prozorčić na koji se veže pomoću ligamenta, *lig. anulare stapediale*. Za provođenje titranja u srednjem uhu potrebni su mišići slušnih košćica, *musculi ossiculorum auditus*. Postoje dva mišića koja su pričvršćena na slušne košćice, a to su: *m. tensor tympani* i *m. stapedius*. *M. tensor tympani* veže se na vrat čekića i zateže bubnjić, dok je *m. stapedius* spojen na vrat stremena te zateže anularni ligament, što posljedično uzrokuje smanjenje njegovih oscilacija (11, 13). S obzirom na to da *m. stapedius* inervira istoimeni živac, *n. stapedius*, koji je ogranak facijalnog živca, u slučaju ozljede facijalnog živca ili pareze nepoznatog uzroka kao što je Bellova paraliza, dolazi do kljenuti *m. stapediusa* te posljedične preosjetljivosti sluha (11, 14).

### 2.3. Unutarnje uho

Unutarnje uho, *auris interna* sastoji se od: koštanog labirinta kojem pripadaju: predvorje, koštana pužnica i tri polukružna kanala. Koštani labirint slijedi oblik membranoznog labirinta, ali je širi od njega, što stvara prostor u kojem se nalazi perilimfa. *Vestibulum* ili predvorje središnji je prostor unutar kojeg se nalaze *utricleus* i *sacculus* – osjetni organi ravnoteže. Medijalna stijenka vestibuluma naslonjena je na fundus unutarnjeg zvukovoda, na njoj nalazimo dva udubljenja: *recessus sphericus* za *sacculus* te *resessus ellipticus* za *utricleus*. Ispod *recessus ellipticus* započinje *aqueductus vestibuli* u kojem je smješten *ductus endolymphaticus*. Kraj tog koštanog kanala nalazi se na stražnjoj strani piramide temporalne kosti ispod dure. *Utricleus* i *sacculus* inerviraju *n. utriculoampularis* i *n. saccularis*. Lateralna stijenka predstavlja medijalni zid srednjeg uha, tu su prisutna dva otvora: ovalni otvor ili *fenestra vestibuli* na kojem je smještena baza stremena. U tom dijelu dolazi do kontakta *scale vestibuli*, odnosno perilimfatičkog prostora pužnice s vestibulumom, *recessus cochlearis*. Ispod gornjeg ovalnog otvora, *fenestra vestibuli* smješten je okrugli otvor, *fenestra cochleae* koji prekriva membrana, *membrana tympani secundaria*. *Canales semicirculares ossei* tri su polukružna kanalića koji su međusobno orijentirani okomito jedan na drugi pod kutom od

četrdeset i pet stupnjeva u usporedbi s osovinama tijela, anteriorni, posteriorni i lateralni polukružni kanali. Svaki kanalić ima jedan prošireni kraj, *ampulla ossea* te drugi bez ampule, *crus osseum simplex*. Posteriorni i superiorni kanal spajaju se u *crus osseum commune* te tako tvore ukupno pet otvora u koštani vestibulum. *Cochlea*, koštana pužnica kanal je koji 2,5 do 2,75 puta okružuje osnovu pužnice, *modiolus*. Baza pužnice, *basis cochleae* smještena je u okomitom položaju prema unutarnjem zvukovodu, *meatus acusticu internus*. Sastoji se od bazalnog, srednjeg i kupularnog zavoja. *Modiolus* je koštani dio oko kojeg je obavijena pužnica i na njemu se nalazi tanka koštana pregrada, *lamina spiralis ossea* sastavljena od dvaju paralelnih listova. Pužnica se sastoji od dvije skale: *scala vestibuli* ili gornja skala čiji završetak se nalazi u vestibulumu i *scale tympani* ili donje skale koju ovalni otvor odjeljuje od srednjeg uha. Komunikacija između dviju skala moguća je preko otvora *helicoterma* koji je smješten na gornjem dijelu pužnice. *Canaliculus cochleae* tanki je koštani kanalić koji se odvaja nedaleko od okruglog otvora, *fenestra cochleae* blizu početka *scale tympani*, unutar njega je smješten *duktus perilimfatikus*, *aquaeductus cochleae* koji povezuje perilimfu labirinta sa subarhnoidalnim prostorom, *cavum subarchnoidale*. *Labyrinthus membranceus*, membranozni labirint sadrži polukružne kanale (*ductus semicirculares*), vestibularne mjehuriće (*utricleus* i *sacculus*), endolimfatičke kanaliće (*ductus et saccus endolymphaticus*) te slušni dio (*ductus cochlearis*). *Utricleus* je mjehurić izduženog oblika i veći je od okruglog *sacculus* te su ispunjeni endolimfom, smješteni su u vestibulumu i povezuju ih *ductus utricularis* i *ductus saccularis* te su oba povezana s *ductusom endolymphaticusom*. U njima se nalazi osjetno područje, *macula* veličine 2 x 3 mm, kod *sacculus* je to *macula sacculi* koja predstavlja početni dio *n. saccularisa*, dok je kod *utricleusa* prisutna *macula utriculi* koja je početak *n. utricularisa*. Osjetna područja *utricleusa* i *sacculus* kao i *krista ampulares* građena su od neuroepitela koji ima osjetne i potporne stanice. Neuroepitel reagira na linearnu i rotacijsku akceleraciju. Podražaj koji se u središnji živčani sustav prenosi preko vestibulokohlearnog živca omogućava refleksne reakcije pomoću promjene tonusa mišića i njihove kontrakcije. U *utricleus* se otvaraju polukružni kanali te *ductus utricularis* koji se nastavlja u *ductus endolymphaticus*, što omogućava regulaciju endolimfe. *Sacculus* je kanalima pužnice povezan s *ductusom reuniensom* u kojemu se nalazi endolimfa (3,13).

Menierova bolest predstavlja poremećaj u stvaranju i resorpciji endolimfe, dovodi do nakupljanja tekućine u membranoznom labirintu i stvaranja niza simptoma kao što su: nistagmus, tinitus, glavobolja te naglušnost (15). *Ductus cochlearis* ili membranozna pužnica cijev je dužine 3 cm, na presjeku trokutastog oblika, a u unutrašnjosti kanala se nalazi

endolimfa. Kanal ima slijepi završetak, a *ductus reuniens* ga povezuje sa *sacculusom*. Stijenke *ductusa cochlearisa* su *membrana basilaris*, ona je potpora Cortijevom organu, *membrana vestibularis* (Meissneri), ona odvaja *ductus endolymphaticus* i *scalu vestibuli* te *stria vascularis* koja se sastoji od vaskularnog epitela i odgovorna je za proizvodnju endolimfe (3).

## 2.4. Fiziologija slušnog sustava

Funkcija je uha detekcija zvučnih valova, razlikovanje njihove frekvencije i prijenos slušne informacije prema središnjem živčanom sustavu, gdje se dešifrira značenje (2). *Organum spirale cochleae* ili Cortijev organ nalazi se u unutarnjem uhu, smješten je unutar *ductus cochlearisa* te spiralno zavijen oko *modiolusa*, to je slušni osjetni organ. Sastoji se od tri reda vanjskih stanica s dlačicama i jednog reda unutarnjih stanica s dlačicama. Vibracije koje stvara zvučni val savijaju stereocilije na stanicama s dlačicama, stanice zatim pretvaraju mehaničku energiju u električnu i ona se dalje živcima prenosi do središnjeg živčanog sustava. Zvučni valovi dolaze do uške koja ih prikuplja i usmjerava kroz vanjski slušni hodnik do bubnjića, *membrana tympani* te uzrokuju njegovu vibraciju. Pomicanjem *membrane tympani* dolazi do prijenosa vibracija na slušne košćice koje su u kontaktu s membranom, tri košćice srednjeg uha koje prenose energiju do pužnice preko ovalnog otvora. Valovi se preko ovalnog otvora prenose na perilimfu unutar *scale tympani* i *scale vestibuli*. Zbog kretanja tekućine kroz te strukture dolazi do pomicanja bazilarne membrane koja se nalazi između skale timpani i skale medije prema pokrovnoj membrani. Cortijev organ smješten je na bazilarnoj membrani unutar skale medije, ona je ispunjena endolimfom s visokom koncentracijom kalijevih (K<sup>+</sup>) iona. Endolimfa pomaže u regulaciji elektrokemijskih impulsa u slušnim stanicama s dlačicama (16). Cortijev organ sastoji se od potpornih i osjetnih stanica. Potporne Deitersove stanice organizirane su u tri niza, a na gornjim dijelovima pužnice u 4 – 5 nizova. Cortijeve potporne stanice dijele se na vanjske i unutarnje, a savijanjem njihovih vrhova zatvara se prostor u obliku trokuta (Cortijev tunel) koji sadrži tekućinu nalik perilimfi (Cortijeva limfa). Osjetne stanice dijele se na vanjske s dlačicama (stereocilijama) te unutarnje osjetne stanice koje posjeduju apikularnu kutikularnu ploču s metlastim stereocilijama (3).

Stanice s dlačicama unutar Cortijevog organa preko stereocilija povezane su s pokrovnom membranom. Kretanje između bazilarne i pokrovne membrane dovode do pomicanja stereocilija te aktiviraju ili deaktiviraju receptore na površini stanica s dlačicama. Kada se ionski kanali na stanicama otvore, kalijevi ioni ulaze u stanice i stanica se depolarizira, što

uzrokuje otvaranje kalcijevih kanala. Priljev kalcijevih iona rezultira oslobađanjem neurotransmitera glutamata koji podražuje slušni živac. Funkcija unutarnjih stanica s dlačicama primarno je senzorna, na njih se veže 95 % vlakana slušnog živca koji provode signale prema mozgu. Razlikuju se svojom čvrstoćom i veličinom ovisno u kojem dijelu pužnice se nalaze, što omogućava odgovor na različite frekvencije od niskih do visokih. Stanice bliže apeksu reagiraju na niže frekvencije, dok stanice s dlačicama smještene u bazi pužnice bliže ovalnom otvoru reagiraju na više frekvencije, što stvara tonotopski gradijent uzduž pužnice. Vanjske stanice s dlačicama s druge strane primaju informacije iz središnjeg živčanog sustava silaznim (descendentnim) putem iz mozga kako bi omogućili kontrolu njihove funkcije (16). Stanice s dlačicama inervirane su dendritima bipolarnih stanica koje se nalaze u spiralnom gangliju, on je smješten u *lamini spiralis ossei* unutar Rosenthalovog kanala. Ti neuroni daju aksone koji se udružuju u *n. cochlearis* i spajaju se s vlaknima *radix cochlearis* te tvore *nervus vestibulocochlearis*, njihov završetak čine dorzalne i ventralne kohlearne jezgre koje se nalaze u produženoj moždini. Nadalje, slušni put odozdo prema gore čine: *nucleus olivaris superior*, *lemniscus lateralis*, *colliculus inferior*, *corpus geniculatum mediale*, *cortex auditivus*. Vlakna slušnog puta kreću se ipsilateralnim i kontralateralnim putevima te se više puta križaju (13). U slušnoj kori postoji tonotopski razmještaj stanica, a razlikujemo tri područja. Brodmannovo područje 41 smješteno je u gornjem temporalnom *gyrusu*, sadrži stanice koje reagiraju na različite frekvencije (13, 17).





### 3.1. Zvuk

Zvuk nastaje titranjem nekog tijela u određenom sredstvu. Zbog izmjeničnih periodičkih promjena fizičkog stanja tijela dolazi do širenja zvučnog vala kroz sredstvo. Zvučni val širi se od izvora i ima određenu brzinu i frekvenciju (između 20 i 20 000 Hz). Takvi valovi u uhu podražuju slušni organ i uzrokuju osjet sluha. Nastale promjene uzročno-posljedično su povezane specifičnim zakonima, a ovise o svojstvima medija kroz koji se val širi te o vrsti vala. Ako tijelo titra frekvencijom manjom od 20 Hz nastaje infrazvuk, dok titranjem frekvencijom većom od 20 000 Hz nastaje ultrazvuk, oni su po prirodi jednaki te su određeni istim fizikalnim zakonitostima (18). Brzina zvuka ovisna je o karakteristikama medija kroz koji se zvučni val širi, a zvuk se u zraku pri atmosferskom tlaku od 101,3 kilopaskala (kPa) i temperaturi 0 °C kreće brzinom 331 m/s, kroz vodu se zvuk kreće brzinom 1485 m/s, dok u staklu brzina iznosi 5500 m/s (19). Akustična impedancija,  $Z$ , označava faktor određen karakteristikama sredstva koje utječu na prijenos zvučnog vala. Akustična impedancija ili zvučni otpor umnožak je brzine širenja zvuka kroz sredstvo i njegove gustoće. Osim impedancijom, zvučni val očituje se i prodornošću koja je u međuovisnosti s vrstom sredstva u kojem se val širi te s frekvencijom vala – što je val niže frekvencije, veća je njegova prodornost. Jakost ili intenzitet zvuka označava količinu energije koju val prenosi u jedinici vremena kroz jediničnu površinu koja je okomita na smjer širenja valova. Intenzitet zvuka mjeri se u vatima po metru kvadratnom ( $\text{W/m}^2$ ). Intenzitet zvuka ovisi o zvučnom tlaku koji predstavlja razliku između tlaka nastalog širenjem zvučnog vala i tlaka u određenom sredstvu. Da bi ljudsko uho registriralo zvučni val, zvučni tlak mora iznositi najmanje  $10^{-5}$  Pa. Razina intenziteta zvuka predstavlja mjernu veličinu koja odgovara omjeru jačine određenog zvuka i praga čujnosti, a određena je logaritamskom funkcijom. Mjerna jedinica razine intenziteta zvuka je bel (B), odnosno decibel (dB). Fizikalni – objektivni čimbenici zvuka su frekvencija titranja izvora, intenzitet, spektar frekvencija i brzina širenja zvučnog vala u nekom mediju. S druge strane, subjektivni fiziološki parametri vezani uz ljudski osjet sluha su boja, visina i glasnoća tona. Objektivni i subjektivni parametri međusobno su povezani te je među njima određena veza na temelju mnogobrojnih ispitivanja. Osjet visine tona ovisi o frekvenciji zvučnih valova, ton osjećamo kao viši ako ima veću frekvenciju. Glasnoća označava fiziološki osjet zvuka, odnosno osjet jakosti zvuka kod čovjeka i ovisna je o intenzitetu zvučnog vala – zvuk dva puta većeg intenziteta ne čuje se dva puta glasnije, već on mora biti sto puta većeg intenziteta da bi se glasnoća dva puta povećala. Mjerna jedinica glasnoće zvuka je fon (20).

### **3.2. Buka na radnom mjestu**

U Republici Hrvatskoj zakonom o zaštiti na radu određena je dopuštena razina buke na radnom mjestu. Prema pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci iz 2008. godine definirani su čimbenici koji omogućavaju prognozu rizika. Prema tome u osmosatnom radnom vremenu Zakon o zaštiti na radu propisuje graničnu vrijednost izlaganja buci od 87 dB, gornju upozoravajuću vrijednost granice izlaganja buci 85 dB, te donju upozoravajuću granicu od 80 dB. Ako se radi o radnom mjestu na kojem zaposlenici nisu svaki dan izloženi istoj razini buke, potrebno je voditi računa o tjednoj izloženosti buci, koja prema zakonu ne smije prelaziti graničnu vrijednost od 87 dB (4). Zakon o zaštiti od buke na radnom mjestu razlikuje se u određenim državama, pa tako Ujedinjeno Kraljevstvo određuje graničnu vrijednost od 85 dB iznad koje je obavezno primjenjivati osobna sredstva za zaštitu sluha, dok Sjedinjene Američke Države propisuju granicu od 90 dB (5).

### **3.2. Izvori buke u stomatološkoj praksi**

U stomatološkim ordinacijama i dentalnim laboratorijima prisutni su mnogobrojni izvori buke, a to su: turbine, mikromotori, ultrazvučni uređaji za čišćenje zubnog kamenca, stomatološki aspiratori, mikseri, ventilacijski sustavi, računala, uređaji za sterilizaciju, a uz to je prisutna buka koja nastaje razgovorom ili plakanjem djece u specijalističkim ordinacijama dječje dentalne medicine. Istraživanja su pokazala da razina jakosti zvuka koja nastaje radom stomatoloških uređaja u ordinacijama i dentalnim laboratorijima može biti preko 90 dB. Za rad doktora dentalne medicine i dentalnih tehničara te asistenata nužno je dugotrajno korištenje takvih uređaja, stoga često dolazi do poremećaja sluha i drugih neauditivnih smetnji nastalih zbog utjecaja buke (6, 7). Qsaubari ML i Ibrahim O sa sveučilišta u Damasku proveli su istraživanje o razini intenziteta zvuka na klinici i u dentalnom laboratoriju stomatološkog fakulteta. Prema rezultatima mjerenja najveći intenzitet buke izmjeren u stomatološkoj ordinaciji i dentalnom laboratoriju iznosi 92,2 odnosno 96 dB. Najviši intenzitet buke u stomatološkoj ordinaciji izmjeren je prilikom korištenja mikromotora u svrhu brušenja akrilata (92,2 dB), dok je najniži intenzitet buke zabilježen prilikom rada ultrazvučnog skidača zubnog kamenca (51,7 dB). U dentalnom laboratoriju najviši intenzitet buke nastaje radom uređaja za pjeskarenje metalnih i kremičkih radova (96 dB), a najniži korištenjem trimera uređaja za obradu sadre (61,8 dB). Intenzitet buke koji stvara turbina za brušenje s velikim brojem okretaja iznosi 75,44 dB. Mjerenja su pokazala razliku u intenzitetu buke ovisno o primjeni turbine, pa tako samo pokretanje i rad bez kontakta sa zubnim tkivom

proizvodi buku manjeg intenziteta u odnosu na buku koja nastaje prilikom brušenja zubnog tkiva. Također, bitna razlika u intenzitetu buke zabilježena je ovisno o starosti turbine. Novije turbine pokazuju manje povećanje intenziteta buke prilikom kontakta s tvrdim zubnim tkivom (21).

#### **4. UTJECAJ BUKE NA LJUDSKO ZDRAVLJE**

#### **4.1. Ne-auditivni učinci buke**

Neauditivni učinci su svi oni učinci buke na ljudsko zdravlje koji isključuju utjecaj na organ sluha, odnosno njegovo oštećenje (22). Izloženost buci najčešće i najprije dovodi do uznemirenosti zbog smanjene mogućnosti koncentracije na određene dnevne aktivnosti i obaveze, dolazi do utjecaja na spavanje i odmor, što uzrokuje iscrpljenost, a posljedično dolazi do nastanka negativnih reakcija kao što su ljutnja, nezadovoljstvo i agresivnost. Poremećaji spavanja smatraju se najštetnijim neauditivnim učinkom buke na ljudsko zdravlje jer je dovoljna količina kvalitetnog sna neophodna za normalno funkcioniranje. Gubitak sluha i posljedično otežana mogućnost komunikacije u svakodnevnim aktivnostima smanjuju kvalitetu društvenog života, a osim društvenog učinka imaju utjecaj na mogućnost koncentracije i ostale kognitivne funkcije. Gubitak ili oštećenje sluha povećavaju mogućnost različitih nesreća i nezgoda zbog smanjene pozornosti i nemogućnosti pravovremene reakcije, što povećava rizik od smrtnosti kod osoba s oštećenjem sluha (25). Buka također utječe na kardiovaskularni sustav, pa tako dugotrajna izloženost okolišnoj buci može dovesti do pojave hipertenzije, ishemijske bolesti srca te srčanog udara (5). Dokazan je i utjecaj buke na endokrinološki sustav te povećanja razine noradrenalina, adrenalina i kortizola (23, 24).

#### **4.2. Auditivni učinci buke**

Auditivni učinci buke odnose se na posljedice koje buka ima na sluh, a tu se ubrajaju oštećenja sluha zbog akustične traume te šum u uhu, odnosno tinitus. Oštećenje sluha uzrokovano bukom može nastati prilikom kratkotrajne izloženosti buci visokog intenziteta kao što je eksplozija ili korištenje vatrenog oružja te prilikom dugotrajne izloženosti buci od 70 – 85 dB u industrijskim postrojenjima. Do oštećenja sluha uzrokovanog bukom dolazi zbog oštećenja osjetnih stanica pužnice, koje kod sisavaca nemaju mogućnost regeneracije u odnosu na neke druge vrste (25). Oštećenje sluha predstavlja veliki javnozdravstveni problem, procjenjuje se da je više od 12 % svjetske populacije izloženo riziku od oštećenja sluha uzrokovanog bukom, što je više od 600 milijuna ljudi (26). Prema svjetskoj zdravstvenoj organizaciji svako treće oštećenje sluha može biti pripisano izlaganju buci visokog intenziteta (27). Prema istraživanjima u Sjedinjenim Američkim Državama radnici koji su na radnom mjestu izloženi buci imaju u 23 % slučajeva prisutno oštećenje sluha, u 15 % slučajeva prisutan je šum u uhu, dok je kod 9 % nađeno i oštećenje sluha i tinitus. S druge strane, kod zaposlenika koji na radnom mjestu nisu izloženi buci, oštećenje sluha i šum u uhu javljaju se u gotovo tri puta manjem broju slučajeva (28). Ovisno o tome u kojem dijelu slušnog sustava

nastaje, oštećenje sluha dijeli se na provodno ili konduktivno, zamjedbeno ili perceptivno te mješovito. Ako oštećenje nastane u vanjskom ili srednjem uhu ono je provodno, a oštećenje koje se nalazi u području između unutarnjeg uha i slušne kore mozga naziva se zamjedbeno. Perceptivno, odnosno zamjedbeno oštećenje dijelimo na receptorsko (kohlearno) nastalo u području pužnice te retrokohlearno, koje zahvaća područje prema moždanoj kori. Osim trajnog oštećenja sluha, može se javiti i kratkotrajno, odnosno akutno oštećenje koje nastaje zbog kratkotrajnog izlaganja buci, čiji je intenzitet veći od 85 dB, u većini slučajeva unutar 24 – 48 h od izlaganja buci dolazi do oporavka, u 30 % slučajeva dolazi do trajnog oštećenja (8).

## **5. ŠUM U UHU – TINITUS**



Šum u uhu ili tinitus (lat. *tinnire*: zvoniti, zveckati) percepcija je zvuka u glavi bez vanjskog podražaja. Pacijenti ga često opisuju kao zujanje, zviždanje, cvrčanje ili druge zvukove. Šum u uhu može biti isprekidan, kontinuiran i pulsirajući te može varirati u glasnoći. Prema istraživanjima 15 – 20 % svjetske populacije ima neki oblik šuma u uhu. Četvrtina osoba zahvaćenih tinitusom zbog svog stanja ima poteškoće u obavljanju svakodnevnih aktivnosti, što može utjecati na kvalitetu života i dovesti do depresije i anksioznosti (29, 30). Tinitus kao simptom ima dugu povijest, spominje se već u sedmom stoljeću prije Krista. Na glinenoj pločici koja potječe iz starog Babilona zabilježena je pojava tinitusa, vjerovalo se da on nastaje kao posljedica opsjednuća zlim duhovima. Tinitus se također spominje u islamskoj i srednjovjekovnoj medicini, u 19. Stoljeću Itard dijeli šum u uhu na „pravi“ objektivni i „lažni“ subjektivni tinitus te tinitus koji se odnosi na slušne halucinacije. Doživljaj tinitusa i pacijentova mogućnost nošenja sa stanjem ovisi i o subjektivnom dojmu pacijenta i psihološkim čimbenicima, što uvelike utječe na sposobnost adaptacije (31). Tinitus se može javiti u jednom, u oba uha ili pacijent može imati osjećaj da zvuk nastaje u glavi, teško ga je precizno lokalizirati. Ponekad pacijenti imaju tinitus koji percipiraju kao neki poznati ton ili glazbu, što se naziva muzikalni tinitus. Šum u uhu javlja se u svim dobnim skupinama, može se javiti i kod djece. Oko 30 % ljudi doživjet će tinitus u nekom razdoblju svog života, dok 13 % ljudi ima konstantni šum u uhu (32).

### **5.1. Etiologija i klasifikacija tinitusa**

Etiološki tinitus može nastati kao posljedica različitih bolesti i stanja, kako psiholoških tako i fizioloških koja nisu nužno povezana sa sluhom, istraživanja su pokazala da osim promjena u uhu šum može biti uzrokovan i promjenama u razini stresa pa je tako zabilježena pojava tinitusa nakon izrazito stresnih perioda, promjena u životnim okolnostima te općenito u zdravlju pacijenata. Iako može imati niz različitih uzroka šum u uhu se često javlja kod osoba s oštećenjem sluha i uglavnom je povezan s promjena unutar slušnog sustava, najčešće s oštećenjima sluha uzrokovanim bukom. Tinitus se također može javiti samostalno bez oštećenja sluha kao posljedica izlaganja buci (32). Osnovna podjela razlikuje subjektivni i objektivni tinitus; objektivni se tinitus rijetko pojavljuje i nastaje kao posljedica zvuka koji stvaraju različite strukture smještene u uhu ili u blizini srednjeg uha. Definira se kao stvaran zvuk koji može registrirati i promatrač kraj pacijenta iako je to rijetko slučaj. Objektivni tinitus može nastati kao posljedica vaskularnih promjena kao što su stenoza karotidnih krvnih žila. Pulsirajući objektivni tinitus može biti prvi znak duralne arteriovenske fistule te zahtjeva hitnu dijagnostičku obradu (33). Objektivni mehanički tinitus može nastati zbog abnormalnih

mišićnih kontrakcija nazofarinksa ili srednjeg uha, što je slučaj kod palatalnog mioklonusa. Za razliku od objektivnog tinitusa, subjektivni tinitus predstavlja percepciju zvuka u odsutnosti vanjskog izvora i ne može ga čuti osoba koja se nalazi uz pacijenta, najčešće je otogenog uzroka, odnosno nastaje zbog kohlearne disfunkcije. Subjektivni tinitus najčešći je oblik tinitusa. Somatski tinitus subjektivni je tinitus čija se frekvencija ili intenzitet mijenjaju ovisno o položaju tijela kao što su stiskanje čeljusti, pokreti očima ili pojačan pritisak u području glave i vrata. Ako je tinitus pojačan nakon buđenja, postoji indikacija da je povezan s bruksizmom. Nestanak tinitusa tijekom sna i njegova ponovna pojava nekoliko sati nakon buđenja mogu upućivati na psihosomatske uzroke kao što su kontrakcije vratnih i žvačnih mišića (34). Šum u uhu nije bolest sam po sebi, već predstavlja simptom koji može biti posljedica različitih bolesti. Otogeni uzroci mogu biti otoskleroza, oštećenje sluha uzrokovano akustičnom traumom, upala vanjskog i srednjeg uha, nakupljanje cerumena, iznenadna gluhoća, prezbikuzija, Manierov sindrom te ostali uzroci. Mogući neurološki uzroci tinitusa su ozljeda glave i vratne kralježnice, multipla skleroza, te vestibularni švanom. Infekcije također mogu uzrokovati šum u uhu, on nastaje kao posljedica upale srednjeg uha, Lajmske bolesti, meningitisa, sifilisa te ostalih infekcija koje mogu utjecati na sluh. Šum se u uhu također može povezati s uzimanjem mnogih lijekova kao što su nesteroidni protuupalni lijekovi, salicilati, određeni antibiotici, diuretici i kemoterapeutici. Osim navedenog, na šum u uhu mogu također utjecati i poremećaji temporomandibularnog zgloba (35). Šum u uhu nastao zbog buke može se podijeliti na akutni i kronični s obzirom na vrijeme trajanja. Ako je šum prisutan nekoliko minuta do nekoliko tjedana nakon izlaganja buci, radi se o akutnom tinitusu. Šum koji traje više od dvije godine smatra se trajnim i ireverzibilnim. Ponekad se šum tijekom vremena mijenja pa tako može s vremenom pojačavati intenzitet i nakon nekoliko godina postati uznemirujući za pacijenta (34). Subjektivne tegobe koje su najčešće povezane sa šumom u uhu su: problemi sa spavanjem, otežana koncentracija te poteškoće u razumijevanju govora. Kod pacijenata sa šumom u uhu također su zabilježeni depresija, anksioznost, frustracija te promjene raspoloženja. Kao najčešći izvor stresa pacijenti sa šumom u uhu navode poteškoće sa spavanjem, odnosno često buđenje tijekom noći te nemogućnost ponovnog sna nakon buđenja. Mehanizam koji dovodi do smanjene kvalitete sna kod osoba s tinitusom nije još do kraja razjašnjen, istraživanja su pokazala da je kod starijih osoba mogući uzrok hiperakuzija, odnosno pojačana osjetljivost na zvukove koji drugim osobama ne stvaraju problem. Osim problema sa snom, kod osoba sa šumom u uhu dolazi do ometanja kognitivnih procesa. Prema istraživanjima kronični umjereni tinitus doveo je do smanjene mogućnosti koncentracije na obavljanje određenog zadatka te je također

utjecao na brzinu reakcije i točnost obavljanja zadatka. Pretklinička istraživanja na životinjama dovela su do boljeg razumijevanja kognitivnih oštećenja koja su prisutna uz tinitus, dokazano je da su kod životinja izloženih zvuku visokog intenziteta nastale kratkoročne plastične promjene te su također primijećene dugoročne promjene odnosno povećana neurogeneza u hipokampusu koji ima ključnu ulogu u pamćenju. Ta pretklinička istraživanja podudaraju se s rezultatima dobivenim analizom snimaka magnetske rezonance i morfometrije temeljene na vokselu koja je pokazala povećanje sive tvari u lijevoj regiji hipokampusa kod pacijenata s tinitusom (36).

## **5.2. Dijagnostika tinitusa**

Dijagnostika šuma u uhu složen je postupak te zahtjeva suradnju više različitih specijalista; otorinolaringologa, psihologa, neurologa, psihijataru, radiologa, stomatologa i drugih. Šum u uhu može se javiti kao simptom brojnih bolesti te stoga zahtjeva pažljivu procjenu pacijenta, potrebno je uzeti detaljnu anamnezu te se koncentrirati na informacije od mogućeg značaja za pojavu tinitusa. Potrebno je doznati o vremenu početka simptoma, mogućim traumama, zaraznim bolestima, lijekovima koje je pacijent uzimao ili uzima, odlikama šuma, radi li se o unilateralnom ili bilateralnom tinitusu, intenzitetu tinitusa te postoje li dodatni simptomi vezani uz pojavu šuma kao što su vrtoglavica ili gubitak sluha (37). Pregled pacijenta sa šumom u uhu započinje otoskopijom, potrebno je pregledati vanjski zvukovod i membranu timpani te utvrditi postoji li impakcija cerumena, perforacija membrane ili znakovi infekcije. Potrebno je ispitati kranijalne živce i provjeriti je li došlo do oštećenja moždanog debla ili gubitka sluha. Kompresijom ipsilateralne vene jugularis može se utvrditi je li tinitus venskog podrijetla. Također se provode rinoskopija i orofaringoskopija. Nadalje je potrebno ispitati perceptivno (senzorneuralno) ili konduktivno oštećenje sluha. Prilikom testiranja koristi se glazbena ugađalica od 512 Hz ili 1024 Hz i najčešće se izvode Weberov ili Rinneov test. Weberov test izvodi se aktiviranjem i postavljanjem glazbene ugađalice na sredinu čela, korijen nosa ili bradu, pacijent mora procijeniti u kojem uhu je glasniji zvuk. Kod konduktivnog, odnosno provodnog gubitka sluha zvuk će se bolje čuti u oštećenom uhu, dok će kod senzorneuralnog gubitka sluha zvuk biti glasniji u zdravom uhu. U Rinneovom testu glazbena ugađalica postavlja se na mastoidni nastavak te se tako ispituje prijenos zvuka kroz kost, nakon toga ugađalica se postavlja ispred uha te se ispituje prijenos zvuka kroz zrak odnosno razlika u glasnoći zvuka koju pacijent čuje ovisno o načinu prijenosa zvuka, što indicira radi li se o provodnom ili zamjedbenom gubitku sluha. Nakon toga sluh se ispituje pomoću audiometrijskih pretraga. Ispitivanja se sastoje od audiografije, audiometrije i

timpanometrije (38). Tonskom audiometrijom dobiva se tonski audiogram, ispitivanje se provodi unutar zvučne komore, odnosno prostora izoliranog od zvuka. Za testiranje se koristi audiometar čiji su dijelovi generator čistog tona i pojačalo, atenuator za mijenjanje frekvencija i intenziteta tona, vibrator kojim se testira koštana vodljivost i generator šuma. Tonskom audiometrijom ispituje se prag sluha i vrsta naglušosti. Testiranje praga sluha provodi se na više frekvencija, a prema međunarodnom standardu nulti prag sluha iznosi 0 dB. Govorne frekvencije su 500, 1000, 2000 i 4000 Hz te se na njima ispituje prosječan prag sluha. Na temelju tonske audiometrije utvrđuje se je li pacijent urednog sluha ili postoji oštećenje. Ako rezultati tonske audiometrije pokazuju prag sluha između 10 i 26 dB, tada je sluh unutar fizioloških granica i naziva se *normacusis*, prag sluha od 26 do 93 dB predstavlja naglušost odnosno *hypoacusis*, prag sluha preko 93 dB smatra se gluhoćom i naziva se *anacusis*. Ako se utvrdi da je riječ o neuralnoj naglušosti, potrebne su dodatne audiološke i radiološke pretrage kako bi se isključila prisutnost tumora vestibulokohlearnog živca (8). Osim tonske audiometrije koja koristi čiste tonove, potrebno je učiniti i pretragu govorne audiometrije. Govornom audiometrijom procjenjuje se koliko dobro pacijent razlikuje riječi ovisno o intenzitetu podražaja – tijekom ispitivanja od pacijenta se zahtjeva ponavljanje riječi koje čine standardnu listu, a pacijent ih sluša pomoću slušalica ili zvučnika. Zabilježeni rezultati s drugim testovima koriste se za razlikovanje provodne i zamjedbene naglušosti. Kod zamjedbene naglušosti povećanje intenziteta podražaja dovodi do smanjenog postotka točno prepoznatih riječi, odnosno do smanjene razabirljivosti. Govorna audiometrija također se koristi u procjeni učinkovitosti slušnih pomagala te prepoznavanju slušne neuropatije (39). Osim tonske i govorne audiometrije kod pacijenata sa šumom u uhu te akutno ili kronično oštećenim sluhom provodi se i otoakustička emisija (OAE) te evocirani slušni potencijali (BERA). Otoakustičkom emisijom ispituju se vanjske slušne stanice odnosno njihova aktivnost. Na temelju spontane ili evocirane otoakustičke emisije može se procijeniti oštećenje sluha kod tek rođene djece te zamjedbeno oštećenje sluha kod osoba s tinitusom. Evocirani slušni potencijali električni su potencijali koji fiziološki nastaju prilikom slušnog stimulusa i mogu biti mjereni pomoću elektroda. Pretraga ima veliku važnost jer omogućuje objektivno određivanje slušnog praga te razlikovanje osjetnog od neuralnog oštećenja sluha. Poteškoće kod mjerenja evociranih slušnih potencijala nastaju zbog izrazito malene amplitude signala koju je potrebno zabilježiti te zbog interferencije s drugim signalima (40). Ako se sumnja na postojanje nekih drugih patoloških promjena, potrebno je učiniti dodatne pretrage kao što su računalna tomografija (CT) s kontrastom, magnetna rezonanca (MR), transkranijalni

Doppler, Doppler karotidnih arterija, hematokrit, kompletna krvna slika (KKS), kontrola hormona štitnjače, kolesterol, razina fosfolipida i triglicerida (37).

### **5.3. Terapija tinitusa**

Terapija šuma u uhu ovisi o dijagnozi koja se nalazi iza simptoma, nakon pažljive i detaljne dijagnostičke obrade pristupa se planu terapije. Ako uzrok šuma leži u nastanku patoloških promjena kao što su paragangliom – tumor baze lubanje, tumori moždanog debla i malog mozga, arteriovenske malformacije te aneurizme tada je terapija kirurška (41). Šum u uhu također može biti uzrokovan temporomandibularnim poremećajima, pacijentu se u tom slučaju izrađuje okluzijska udloga te se po potrebi uvodi farmakoterapija (42). Pojava šuma u uhu simptom je koji se među prvim javlja kod osoba s početnim oštećenjem sluha, stoga se taj simptom ne smije ignorirati već je potrebna pravovremena konzultacija i pregled prvo kod liječnika obiteljske medicine, a zatim specijalista otorinolaringologije (8). Više od tri četvrtine pacijenata iskusi spontanu remisiju koja nastaje zbog prirodne prilagodbe koja nastaje u središnjem živčanom sustavu. Aktivnost limbičkog sustava utječe na to hoće li pacijent samo percipirati šum ili će on dovesti do povećanja stresa i uznemirenosti. Mnogi pacijenti s izraženim tinitusom imaju problema sa spavanjem te ne mogu ponovno zaspati nakon buđenja. Tijekom sna također postoji aktivnost neurona slušnog puta jer slušni sustav neprestano percipira zvukove iz okoline (43). Ugradnja kohlearnog implantata, odnosno umjetne pužnice predstavlja standardnu terapiju kod pacijenata sa srednjim do teškim obostranim oštećenjem sluha. Kod nekih pacijenata zabilježeno je smanjenje šuma u uhu nakon ugradnje umjetne pužnice (44). Pokušaji liječenja tinitusa farmakoterapijom pokazali su različite rezultate. Gabapentin koji se koristi u liječenju epilepsije, lijekovi za terapiju Alzheimerove bolesti, ekstrakt biljke ginko biloba, triciklički antidepressivi i selektivni inhibitori ponovne pohrane serotonina nisu pokazali utjecaj na smanjenje šuma u uhu. S druge strane, lijekovi iz skupine benzodiazepina kao što su diazepam, lorazepam te alprazolam utječu na smanjenje tinitusa tako što smanjuju aktivnost neurona u inferiornom kolikulu slušnog puta. Benzodiazepini smanjuju anksioznost te reduciraju razinu zvuka tinitusa, problem s tim lijekovima je ograničeno vrijeme primjene zbog izazivanja ovisnosti. Ne postoji farmakoterapija koja bi bila u potpunosti učinkovita u terapiji šuma u uhu, a mnogi su lijekovi još uvijek u fazi kliničkog ispitivanja. Transkranijalna magnetna stimulacija jedna je od novijih metoda u terapiji šuma u uhu, a brojna istraživanja pokazala su uspjeh u smanjenju šuma nakon višestrukog izlaganja transkranijalnoj magnetnoj stimulaciji niske frekvencije (r TMS). Princip djelovanja r TMS terapije temelji se na neurostimulaciji specifičnih dijelova

mozga koji su uključeni u patofiziologiju šuma u uhu, tako dolazi do smanjenja hiperekscitabilnosti određenih neurona u moždanoj kori koji su odgovorni za pojedine tipove tinitusa. Terapija se sastoji od deset tretmana tijekom dva tjedna. r TMS je kontraindiciran kod osoba s epilepsijom, kardiovaskularnih bolesnika s ugrađenima srčanim elektrostimulatorom te trudnica. Bolji rezultati te terapije zabilježeni su kod pacijenata s normalnim sluhom i šumom u uhu koji traje kraće od 4 godine (45). Terapija laserom niskog intenziteta, engl. *low-level laser therapy* (LLLT) pokazala se korisnom u liječenju kroničnog šuma u uhu. Smatra se da LLLT povećava proliferaciju stanica, potiče proizvodnju adenozin trifosfata te povećava protok krvi u unutarnjem uhu i time omogućava mehanizme popravka (46). Kognitivno-bihevioralna terapija (CBT) i *Tinnitus retraining therapy* (TRT) pripadaju tehnikama privikavanja. CBT primjenjuje tehnike koje uče pacijenta promjeni negativnog ponašanja i misli vezanih uz šum u uhu, naučenim tehnikama opuštanja smanjuje se razina stresa uzrokovana šumom, dok kognitivna terapija pomaže u promjeni stava prema pacijentovom stanju. Londero i suradnici zabilježili su poboljšanje stanja kod 75 % pacijenata kod kojih je primjenjivana CBT tijekom jedne godine (45). Terapija metodom privikavanja (TRT) temelji se na treningu koji pacijentu pomaže da šum u uhu prestane doživljavati kao uznemirujući ili ometajući te procesom prilagodbe na nastalu situaciju dolazi do ublažavanja šuma (43).



Šum u uhu predstavlja pojavu percepcije zvuka kod pacijenta bez vanjskog podražaja, može se očitovati kao zujanje, cvrčanje, zviždanje ili neki drugi nejasan šum. Pacijenti ga često ne mogu precizno lokalizirati te imaju dojam da zvuk nastaje unutar glave ili u jednom ili oba uha. Šum u uhu zahvaća 15 – 20 % populacije (29, 30). Tinitus se može podijeliti na subjektivni i objektivni; subjektivni šum u uhu najčešći je i predstavlja percepciju zvuka bez prisutnosti zvučnih podražaja (34). Najčešći uzrok nastanka šuma u uhu je oštećenje sluha izazvano bukom te je uglavnom povezano s promjenama unutar slušnog sustava (32). Oštećenje sluha izazvano bukom postalo je veliki javnozdravstveni problem, sve veći broj ljudi izložen je povećanom intenzitetu buke u svakodnevnom životu. Okolišna buka nastaje na javnim mjestima i otvorenim prostorima, mnogi ljudi su također u većoj ili manjoj mjeri izloženi buci na radnim mjestima (47, 5). U Republici Hrvatskoj postoji zakon kojim je propisana maksimalna razina buke u radnom okruženju tijekom osmosatnog radnog vremena ili unutar radnog tjedna. Zakon o zaštiti od buke na radnom mjestu određen je unutar zakona pojedine države, prema tome granične vrijednosti intenziteta buke kreću se između 85 i 90 dB. Na radnim mjestima gdje intenzitet buke prelazi graničnu vrijednost, obavezna je uporaba osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu sluha (4, 5). Do sada su provedena brojna istraživanja o utjecaju buke na zdravlje radnika, mjerenja su najčešće provedena u industrijskim postrojenjima različite vrste kao što su tvornice za preradu drva, metalna industrija, automobilska industrija, postrojenja za proizvodnju cementa i slično. Studije su pokazale značajan utjecaj buke na zdravlje radnika u različitim industrijskim granama gdje razina intenziteta buke prelazi 85 i 90 dB, najčešći zabilježeni auditivni učinci buke su oštećenje sluha i pojava šuma u uhu (48). Stomatologija kao zanimanje također pripada među poslove kod kojih se javlja povećan intenzitet buke. Iako ne postoji veliki broj istraživanja o utjecaju buke u stomatološkoj praksi, dobiveni rezultati pokazali su povećanu učestalost pojave oštećenja sluha i šuma u uhu kod doktora dentalne medicine i ostalog osoblja koji rade u stomatološkim ordinacijama ili dentalnim laboratorijima (6, 7). Qsaubari ML i Ibrahim O proveli su istraživanje o intenzitetu buke na klinici i u dentalnom laboratoriju stomatološkog fakulteta u Damasku, a mjerenja su pokazala najviši intenzitet buke od 92,2 dB u stomatološkoj ordinaciji te 96 dB u dentalnom laboratoriju. Rezultati jasno pokazuju da buka nastala korištenjem i samim radom uređaja neophodnih za funkcioniranje stomatološke prakse prelaze zakonom određene maksimalne vrijednosti te posljedično imaju negativan utjecaj na zdravlje (21). Alabdulwahab BM, Alduraiby RI i suradnici proveli su istraživanje o povezanosti oštećenja sluha s intenzitetom buke u stomatološkoj praksi među doktorima dentalne medicine u Saudijskoj Arabiji. Prema njihovom istraživanju također je potvrđen



negativan utjecaj buke na sluh, ispitanici su podvrgnuti pretrazi tonske audiometrije koja primjenjuje čiste tonove, dobiveni rezultati pokazali su da 15,8 % ispitanika ima neki oblik oštećenja sluha (49). Altinoz i suradnici zabilježili su kako osobe koje su na radnom mjestu izložene buci intenziteta većeg od 85 dB nakon radnog dana trebaju osigurati vrijeme u nekom okruženju gdje nema buke kako bi omogućili oporavak slušnog sustava (50). S obzirom na dokazani rizik od oštećenja sluha prilikom rada u stomatološkoj praksi, jedini način prevencije oštećenja je korištenje osobnih sredstava za zaštitu sluha. Spomer J., Estrich C. G. i suradnici proveli su istraživanje u kojem su ispitivali četiri različita osobna sredstva za zaštitu sluha. Iako je izbjegavanje buke najbolji način za zaštitu od oštećenja sluha, u stomatološkoj praksi to je u većini slučajeva nemoguće, stoga je uporaba osobnih sredstava za zaštitu sluha jedini način sigurnog rada. U provedenom istraživanju ispitanici su svako od četiri sredstva koristili tijekom jednog radnog tjedna, odnosno prosječno 20 radnih sati, te su nakon njihove uporabe ispunili upitnik kojim su ocijenili vlastito iskustvo korištenja osobnih sredstava za zaštitu sluha. U istraživanju su korištena četiri komercijalno dostupna sredstva izabrana od strane audiologa, tri su elektronička, dok je jedno korišteno sredstvo bilo neelektroničko odnosno jednokratni čepići za uši izrađeni od pjene. Jednostavnost komunikacije s pacijentima i osobljem te udobnost prilikom korištenja bila su dva faktora koja su najviše utjecala na zadovoljstvo ispitanika, te samim time i na ocjenjivanje odabranih osobnih sredstava za zaštitu sluha. Najbolje ocijenjeni proizvodi su elektronički čepići DI-15 High-Fidelity Electronic Earplugs HPD i Music PRO Electronic Earplugs koji zadovoljavaju oba uvjeta kao i učinkovitost zaštite sluha (51). S obzirom na to da se šum u uhu javlja kao jedan od prvih znakova oštećenja sluha, bitno je obratiti pozornost na pojavu simptoma te zatražiti stručnu pomoć (8). Šum u uhu ne mora biti samo posljedica oštećenja sluha uzrokovanog bukom, već može nastati kao simptom mnogih drugih bolesti i stanja od kojih su neka po život opasna, stoga je potrebna konzultacija s liječnikom obiteljske medicine te daljnja dijagnostička obrada u specijalističkim ordinacijama drugih grana medicine ovisno o indikacijama (37).

## **7. ZAKLJUČAK**

Šum u uhu u stomatološkoj praksi najčešće se javlja zbog izloženosti buci na radnom mjestu. U radu ordinacija dentalne medicine i dentalnih laboratorija nužno je korištenje opreme i uređaja koji su nerijetko izvori buke čiji intenzitet prelazi granicu štetnosti za ljudsko zdravlje. Osim uređaja nužnih za funkcioniranje stomatološke prakse nastanku buke pridonosi i stalna komunikacija između doktora dentalne medicine i pacijenata te ostalih djelatnika, komunikacija je neophodna za sigurno obavljanje potrebnih dijagnostičkih i terapijskih postupaka. Iako je nastala buka isprekidana te njezin intenzitet varira ovisno o poslovima koji se obavljaju, istraživanja su pokazala da buka nastala u stomatološkoj praksi ima dovoljno visok intenzitet te dugotrajno izlaganje buci intenziteta većeg od 85 dB dovodi do pojave šuma u uhu i mogućeg oštećenja sluha. S obzirom na to da šum u uhu nerijetko predstavlja jedan od početnih znakova oštećenja sluha, nužno je na vrijeme prepoznati simptome te se javiti liječniku zbog dijagnostičke obrade i terapije. U današnje vrijeme još uvijek ne postoji 100 % učinkovita terapija koja bi rezultirala potpunim nestankom tinitusa iako se potpuni gubitak simptoma može javiti kod nekih pacijenata. S obzirom na dokazanu uzročno-posljedičnu vezu između izlaganja buci visokog intenziteta i nastanka oštećenja sluha i šuma u uhu, jedini način prevencije je korištenje osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu sluha te edukacija i podizanje svijesti o posljedicama rada u takvom okruženju.

## **8. LITERATURA**

1. Bumber Ž, Katić V, Nikšić – Ivančić M, Pegan B, Petrić V, Šprem N. Otorinolaringologija: 1 Otologija. Zagreb: Naklada ljevak; 2004. Uvod; p. 11-6.
2. Guyton AC, Hall JE. Medicinska fiziologija – udžbenik. Zagreb; Medicinska naklada; 2004. Poglavlje 52, Osjet sluha; p. 633-4.
3. Reiss G. Organum vestibulocohleare, organi sluha i ravnoteže: Auris interna, unutrašnje uho, uređaj za ravnotežu i sluh. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R, editors. Waldeyerova anatomija čovjeka. 1. Hrvatsko izdanje. Zagreb: Golden marketing – Tehnička knjiga; 2009. p. 611-27.
4. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu. Narodne novine [internet]. 2008. [cited 2019 Sep 3]; 46 – 1577: [about 12 screens]. Available from: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_46\\_1577.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_46_1577.html)
5. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. Lancet. 2014;383(9925):1325-32.
6. Setcos JC, Mahyuddin A. Noise levels encountered in dental clinical and laboratory practice. Int J Prosthodont. 1998;11(2):150-7.
7. Messano GA, Petti S. General dental practitioners and hearing impairment. J Dent. 2012;40(10):821-8.
8. Trotić R, Vagić D, Geber G. Otorinolaringološke profesionalne bolesti kod stomatologa. In: Matešić K. Profesionalne bolesti i bolesti vezane uz rad stomatologa. 1.hrv.izd. Zagreb: Naklada slap; 2015. p. 251-56.
9. Han BI, Lee HW, Kim TY, Lim JS, Shin KS. Tinnitus: characteristics, causes, mechanisms, and treatments. J Clin Neurol. 2009;5(1):11-9.
10. Di Stadio A, Dipietro L, Ricci G, Della Volpe A, Minni A, Greco A, et al. Hearing Loss, Tinnitus, Hyperacusis, and Diplacusis in Professional Musicians: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2018;15(10):2120.
11. Krmpotić-Nemanić J, Marušić A. Anatomija čovjeka. Drugo izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2004. Auris, uho; p. 545-59.
12. Padovan I. Otorinolaringologija: Kirurgija uha. Zagreb: Školska knjiga; 1982. 1. Poglavlje, Kirurška anatomija uha i adneksa; p. 3-5.
13. Dhingra PL, Dhingra S, Dhingra D. Diseases of Ear, Nose and Throat & Head and Neck Surgery. 6th edition. New Delhi: Elsevier India; 2014. p. 7-9, 13-15.
14. Johns DR. Assessment of hyperacusis in Bell's palsy. Ann Intern Med. 1986;105(6):973.

15. Sajjadi H, Paparella MM. Meniere's disease. *Lancet*. 2008;372(9636):406-14.
16. White HJ, Peterson DC. *Anatomy, Head and Neck, Ear Organ of Corti. Treasure island (FL): Stat Pearls Publishing; 2019. Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538335/>*
17. Khale W, Frotscher M, Vinter I. *Priručni anatomske atlas: Živčani sustav i osjetila vol. 3. 10th ed. Zagreb: Medicinska naklada; 2011. Organ sluha i ravnoteže; p. 384-5.*
18. Ajanović I, Antić B, Cvetko D, Đurić-Klajn S, Kuntarić M, Ortakov D, Pozajić M. *Muzička enciklopedija: dodatak 3, Or-Ž. 2. Kovačević K. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod; 1977. p. 769.-70.*
19. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje [internet]. Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža; c 2019. Zvuk [ cited 2019 Sep 3]; [about 2 screens]. Available from: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=1265>*
20. Brnjas – Kraljević J, Krilov D. *Fizika za studente stomatologije, Zagreb: Medicinska naklada; 2007. Poglavlje 8, Akustika; p. 158-63.*
21. Qsaibati ML, Ibrahim O. Noise levels of dental equipment used in dental college of Damascus University. *Dent Res J (Isfahan)*. 2014;11(6):624-30.
22. Smith AP , Broadbent DE. *Non-auditory Effects of Noise at Work: A Review of the Literature . HSE Contract Research Report No 30, London: HMSO, 1992. p. 83-5.*
23. Cavatorta A , Falzoi M, Romanelli A et al. Adrenal response in the pathogenesis of arterial hypertension in workers exposed to high noise levels. *J Hypertens*. 1987;5(5): 463–6.
24. Brandenberger G , Follenius M, Wittersheim G, Salame P. Plasma catecholamines and pituitary adrenal hormones related to mental task demand under quiet and noise conditions. *Biol Psychol*. 1980; 10(4): 239–52.
25. Karpa MJ, Gopinath B, Beath K, et al. Associations between hearing impairment and mortality risk in older persons: the Blue Mountains Hearing Study. *Ann Epidemiol*. 2010;20(6):452–59.
26. Alberti PW, Symons F, Hyde ML. Occupational hearing loss. The significance of asymmetrical hearing thresholds. *Acta Otolaryngol*. 1979;87(3-4):255-63.
27. National Institutes of Health, Consensus Development Statment. Noise and hearing loss. *NIH Consens Statement*. 1990; 8 (1): 1 – 24.
28. Masterson EA, Themann CL, Luckhaupt SE, Li J, Calvert GM. Hearing difficulty and tinnitus among U.S. workers and non-workers in 2007. *Am J Ind Med*. 2016;59(4):290-300.

29. Coles RR. Epidemiology of tinnitus: (1) prevalence. *J Laryngol Otol Suppl.* 1984;98(9):7-15.
30. Axelsson A, Ringdahl A. Tinnitus--a study of its prevalence and characteristics. *Br J Audiol.* 1989;23(1):53-62.
31. Dauman N, Erlandsson SI. Learning from tinnitus patients' narratives--a case study in the psychodynamic approach. *Int J Qual Stud Health Well-being.* 2012;7:1-11.
32. Culhane BA. British Tinnitus Association [Internet]. London: British Tinnitus Association; 2018 [updated 2019 Jul 5; cited 2019 Sep 3]. Available from: <https://www.tinnitus.org.uk/all-about-tinnitus>
33. Yacovino DA, Casas P. Objective pulsatile tinnitus. *Clin Case Rep.* 2015;3(12):1058-9.
34. Han BI, Lee HW, Kim TY, Lim JS, Shin KS. Tinnitus: characteristics, causes, mechanisms, and treatments. *J Clin Neurol.* 2009;5(1):11-9.
35. Lockwood AH, Salvi RJ, Burkard RF. Tinnitus. *N Engl J Med.* 2002;347(12):904–10.
36. Langguth B. A review of tinnitus symptoms beyond 'ringing in the ears': a call to action. *Curr Med Res Opin.* 2011;27(8):1635-43.
37. Crummer RW, Hassan GA. Diagnostic approach to tinnitus. *Am Fam Physician* [Internet]. 2004. [cited 2019 Sep 3]; 1; 69 (1): [about 7 p]. Available from: <https://www.aafp.org/afp/2004/0101/p120.html>
38. Kenneth S. Diagnostic approach to tinnitus. *Am Fam Physician.* 2014; 89 (2): 106-13.
39. Davies RA. Audiometry and other hearing tests. *Handb Clin Neurol.* 2016;137:157-76.
40. Hoth S, Baljić I. Current audiological diagnostics. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg.* 2017;16:Doc09.
41. Chann Y. Discovery medicine [Internet]. Toronto: Discov Med; 2009 [updated 2009 Oct 10; cited Sep 3]. Available from: <http://www.discoverymedicine.com/Yvonne-Chan/2009/10/10/tinnitus-etiology-classification-characteristics-and-treatment/>
42. Vielsmeier V, Kleinjung T, Strutz J, Bürgers R, Kreuzer PM, Langguth B. Tinnitus with temporomandibular joint disorders: a specific entity of tinnitus patients. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011;145(5):748-52.
43. Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Tinnitus retraining therapy (TRT) as a method for treatment of tinnitus and hyperacusis patients. *J Am Acad Audiol.* 2000;11(3):162–77.
44. Baguley DM, Atlas MD. Cochlear implants and tinnitus. *Prog Brain Res.* 2007;166:347–55.

45. Fioretti A, Eibenstein A, Fusetti M. New trends in tinnitus management. *Open Neurol J.* 2011;5:12-7.
46. Gungor A, Dogru S, Cincik H, Erkul E, Poyrazoglu E. Effectiveness of transmeatal low power laser irradiation for chronic tinnitus. *J Laryngol Otol.* 2008;122(5):447-51.
47. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(2):285.
48. Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby KC, et al. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health.* 2016;89(3):351-72.
49. Alabdulwahhab BM, Alduraiby RI, Ahmed MA, Albatli LI, Alhumain MS, Softah NA, et al. Hearing loss and its association with occupational noise exposure among Saudi dentists: a cross-sectional study. *BDJ Open.* 2016;2:16006.
50. Altinoz HC, Gokbudak R, Bayraktar A, Belli S. A pilot study of measurement of the frequency of sounds emitted by high-speed dental air turbines. *J Oral Sci.* 2001; 43(3): 189–192.
51. Spomer J, Estrich CG, Halpin D, Lipman RD, Araujo MWB. Clinician Perceptions of 4 Hearing Protection Devices. *JDR Clin Trans Res.* 2017;2(4):363-9.





Jasminka Brozović rođena je 7. lipnja 1993. godine u Ogulinu. Djetinjstvo provodi u Severinu na Kupi, gdje završava Osnovnu školu Ivana Gorana Kovačića. Srednju školu upisuje u Karlovcu te završava opći smjer Gimnazije Karlovac. Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Dentalna medicina na Stomatološkom fakultetu u Zagrebu upisuje 2012. godine. Aktivno je sudjelovala na studentskim kongresima Stomatološkoga fakulteta u Zagrebu kao član studentskih sekcija. Tijekom studija volontirala je na Projektu za promociju oralnog zdravlja slijepih i slabovidnih osoba te na Zavodu za dječju i preventivnu stomatologiju.